

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-299318

(43)Date of publication of application : 24.10.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/316
H01L 21/3065
H01L 21/3205
H01L 21/768

(21)Application number : 11-108213

(71)Applicant : HITACHI LTD

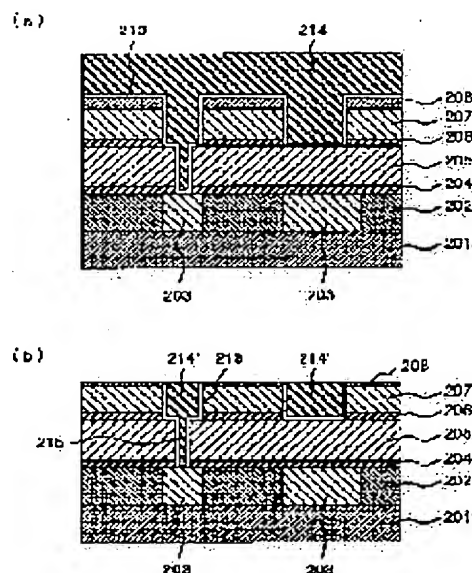
(22)Date of filing : 15.04.1999

(72)Inventor : MINE TOSHIYUKI
YOKOYAMA NATSUKI
GOTO YASUSHI
YOSHIGAMI JIRO
TAKEDA KENICHI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor device having an interlayer insulating film which is improved in dry etching selectivity ratio.
SOLUTION: An interlayer insulating film composed of a plurality of laminated films of different materials is provided on a substrate, and at least one of the laminated films, preferably the lowest laminated film is composed of an aluminum oxide film 206 or of a boron nitride film. Then Cu wiring 214' is formed in a plurality of grooves formed into the interlayer insulating film, so that the adjacent wires of the wiring 214' is separated from each other by the insulating film. The layer lying above the aluminum oxide film 206 is set as an insulating film having a low dielectric constant, for example, an organic SOG film 207.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-299318
(P2000-299318A)

(43) 公開日 平成12年10月24日 (2000. 10. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L	21/316	H 0 1 L 21/316	Y 5 F 0 0 4
	21/3065	21/302	J 5 F 0 3 3
	21/3205	21/88	B 5 F 0 5 8
	21/768	21/90	K

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-108213

(22) 出願日 平成11年4月15日 (1999. 4. 15)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 峰 利之
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 横山 夏樹
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(74) 代理人 100061893
弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

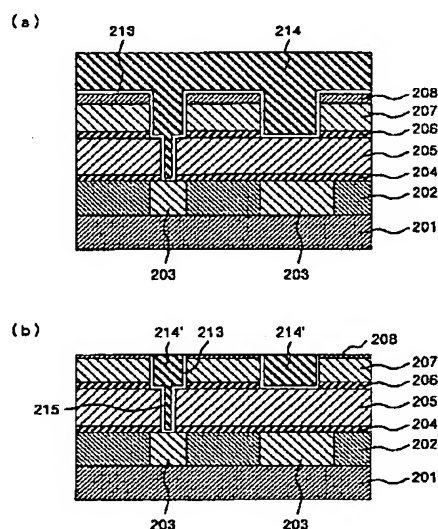
(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ドライエッチング選択比を改良した層間絶縁膜を有する半導体装置を提供すること。

【解決手段】 基板上に、材質の異なる複数の積層膜から構成された層間絶縁膜を設け、積層膜の内の少なくとも一層、好ましくは最下層、をアルミニウム酸化膜206又はボロン窒化膜とした半導体装置。層間絶縁膜に設けられた複数の溝の中にCu配線214'が配置され、層間絶縁膜により隣接するこのCu配線214'が分離される。アルミニウム酸化膜206の上に位置する層は、低誘電率絶縁膜、例えば、有機SOG膜207とする。

図 6



203...第1層配線 204...第1のアルミニウム酸化膜
210...孔パターン 211...ホトレジスト 212...溝パターン
213...TiN膜 214...Cu膜 214'...Cu配線
215...Cuプラグ

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、材質の異なる複数の積層膜から構成された層間絶縁膜を有し、該積層膜の内の少なくとも一層は、アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜又はボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜であることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】上記層間絶縁膜は、複数の溝が設けられ、該溝中に金属配線を有し、上記層間絶縁膜により隣接する上記金属配線間が分離されていることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】上記アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜又はボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜は、上記層間絶縁膜の積層膜の内の最下層に位置することを特徴とする請求項1又は2記載の半導体装置。

【請求項4】上記積層膜の内の上記最下層の上に位置する層は、低誘電率絶縁膜であることを特徴とする請求項3記載の半導体装置。

【請求項5】上記低誘電率絶縁膜は、比誘電率が2.4から3.5の範囲であることを特徴とする請求項4記載の半導体装置。

【請求項6】上記層間絶縁膜の下に、さらに第2の層間絶縁膜が配置され、該第2の層間絶縁膜は、材質の異なる複数の第2の積層膜から構成されることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項7】上記第2の層間絶縁膜はホールが設けられ、該ホール中に配線間を接続するインターコネクタブラグを有することを特徴とする請求項6記載の半導体装置。

【請求項8】上記第2の積層膜の内の少なくとも一層は、アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜、ボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜及びシリコン窒化膜からなる絶縁膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の絶縁膜であることを特徴とする請求項6又は7記載の半導体装置。

【請求項9】上記アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜、ボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜及びシリコン窒化膜からなる絶縁膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の絶縁膜は、上記第2の積層膜の内の最下層に位置することを特徴とする請求項7記載の半導体装置。

【請求項10】上記積層膜の内のアルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜又はボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜は、その膜厚が5nmから50nmの範囲であることを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項11】上記第2の積層膜の内のアルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜、ボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜及びシリコン窒化膜からなる絶縁膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の絶縁膜は、その膜厚が5nmから50nmの範囲であることを特徴とする請求項6から9のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項12】基板上に設けられたインターコネクタブラグの上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程、該第1の絶縁膜上に、該第1の絶縁膜とエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程、上記第1の絶縁膜をエッチングストップ膜として、上記第2の絶縁膜をドライエッチングして上記第2の絶縁膜に溝パターンを形成する第3の工程及び上記溝パターンの下の少なくとも一部の上記第1の絶縁膜をドライエッチングして、上記インターコネクタブラグの少なくとも一部を露出させる第4の工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項13】上記第4の工程の後に、少なくとも上記溝パターンの中に配線用の金属を埋め込む第5の工程を有することを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】上記第5の工程の後に、上記第2の絶縁膜上に配置された上記金属を化学的機械研磨することを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】基板上に設けられた下層配線の上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜、ボロン窒化膜を主成分とする膜及びシリコン窒化膜からなる膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程、該第1の絶縁膜上に該第1の絶縁膜とエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程、該第2の絶縁膜上に、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第3の絶縁膜を形成する第3の工程、該第3の絶縁膜上に該第3の絶縁膜とエッチング特性の異なる第4の絶縁膜を形成する第4の工程、該第4の絶縁膜及び上記第3の絶縁膜にホールパターンを形成し、上記第2の絶縁膜を露出させる第5の工程、上記第4の絶縁膜の上に、上記ホールパターンの少なくとも一部が露出するようにライン状のマスクパターンを形成し、該ライン状のマスクパターンを用いて、上記第4の絶縁膜に溝パターンを形成すると共に、上記ホールパターンをマスクとして上記第2の絶縁膜にホールパターンを形成する第6の工程及び上記第2の絶縁膜のホールパターンの下の上記第1の絶縁膜をエッチングし、上記下層配線を露出させる第7の工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項16】上記第7の工程の後に、上記溝パターン及び上記ホールパターンの中に配線用及びインターコネクタブラグ用の金属を埋め込む第8の工程を有することを特徴とする請求項15記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】上記第8の工程の後に、上記第4の絶縁膜上に配置された上記金属を化学的機械研磨することを特徴とする請求項16記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】基板上に設けられた下層配線の上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜、ボロ

ン窒化膜を主成分とする膜及びシリコン窒化膜からなる膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程、該第1の絶縁膜上に該第1の絶縁膜とエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程、該第2の絶縁膜上に、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第3の絶縁膜を形成する第3の工程、該第3の絶縁膜にホールパターンを形成し、上記第2の絶縁膜を露出させる第4の工程、上記第3の絶縁膜上に上記第3の絶縁膜とエッチング特性の異なる第4の絶縁膜を形成する第5の工程、上記第4の絶縁膜に、上記ホールパターンの少なくとも一部が露出するように、溝パターンを形成すると共に、上記第3の絶縁膜をマスクとして上記第2の絶縁膜にホールパターンを形成する第6の工程及び上記第2の絶縁膜のホールパターンの下の上記第1の絶縁膜をエッチングし、上記下層配線を露出させる第7の工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項19】上記第7の工程の後に、上記溝パターン及び上記ホールパターンの中に配線用及びインターコネクトプラグ用の金属を埋め込む第8の工程を有することを特徴とする請求項18記載の半導体装置の製造方法。

【請求項20】上記第8の工程の後に、上記第4の絶縁膜上に配置された上記金属を化学的機械研磨することを特徴とする請求項19記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】上記金属は、銅であることを特徴とする請求項13、14、16、17、19、又は20記載の半導体装置の製造方法。

【請求項22】基板上に設けられた下層配線の上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程、該第1の絶縁膜上に該第1の絶縁膜とエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程、上記第2の絶縁膜にホールパターンを形成する第3の工程及び上記第2の絶縁膜のホールパターンの下の上記第1の絶縁膜をエッチングし、上記下層配線を露出させる第4の工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置及びその製造方法に係り、特にドライエッチングレートの違いを利用したダマシン法を用いて製造された半導体装置及びダマシン法を用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】C-MOS高性能プロセッサ等に代表される最先端プロセス、デバイスにおいては、高速化と信頼性を維持するために、低抵抗で、かつ、エレクトロマイグレーション耐性に優れた銅(Cu)等を配線材料に適用することが検討されている。また、一方で配線容量

を低減させるため、低誘電率絶縁膜の検討も活発に行われている。一般にCuはドライエッチングによる加工が困難なため、ダマシン(Damascene)法という配線形成技術が適用されている。この方法は、予め下地となる絶縁膜に溝や孔を形成し、その中にCuを埋め込んだ後、化学的機械研磨法(以下、CMP法と記述する)によりCuを研磨する方法である。この方法で配線だけを形成する場合をシングル・ダマシン法、配線と同時に下層配線とのインターコネクトプラグ(接続コンタクト)を形成する場合をデュアル・ダマシン法と呼ぶ。デュアル・ダマシン法によればインターコネクトプラグとの接続部が形成されないため、シングル・ダマシン法に比べ全体の配線抵抗小さくできる。また、スループットの小さいCMP法を1回にできるメリットもある。

【0003】デュアル・ダマシン法においても、いくつかの形成方法が提案されているが、例えば、エクステンダブストラクトオブザ1995インターナショナルコンファレンスオンエスエスデーエム、97〜99頁(Ext. Abstracts of the 1995 Int. Conf. On SSDM, Osaka, 1995, pp97〜99)に記載の方法が主流の一つである。以下、図を用いて、その形成方法を簡単に説明する。

【0004】図10及び図11にデュアル・ダマシン法のプロセスフローの概要を示す。図10(a)は、デュアル・ダマシン法によりCuコンタクト(インターコネクトプラグ)とCu配線を同時に形成する際の下地形状の一例を示した図である。第1のSi酸化膜401の上に設けられた第2のSi酸化膜402のパターンの中に下層配線403が形成され、その上に第1のSi窒化膜404、第1の低誘電率絶縁膜405、第2のSi窒化膜406、第2の低誘電率絶縁膜407が積層される。第1及び第2の低誘電率絶縁膜405、407としては有機SOG(スピノングラス)膜やフッ素を含む絶縁膜が一般的であるが、比誘電率の小さい有機SOG膜($\epsilon=3.0$)が今後主流になると考えられる。第1及び第2の低誘電率絶縁膜の膜厚は、デバイスにより異なるが、500nm以上1000nm以下が一般的である。第1及び第2のSi窒化膜404、406は、低誘電率絶縁膜のエッチングストップ膜やハードマスク膜として、またイオン化したCuの拡散防止膜として用いており、一般にはプラズマCVD法で形成する。その膜厚は用途や低誘電率絶縁膜とのドライエッチング選択比により異なるが、通常100nm以上200nm以下の範囲で用いられている。

【0005】最初に、最上層に位置する第2の低誘電率絶縁膜407及びその下層の第2のSi窒化膜406を周知のリソグラフィ及びドライエッチング法により加工し、第1の低誘電率絶縁膜405表面を露出させる。図10(b)は所望の孔パターン409を形成した後、リソグラフィに用いたホトレジストを除去したときの

断面図である。

【0006】次に、図11(a)に示すように、リソグラフィ技術によりレジストパターン410を所望の形状に形成した後、レジストパターン410をマスクとして第1及び第2の低誘電率絶縁膜405、407をドライエッチングする。予め孔パターン409を形成していた部分は、第2のSi窒化膜406がハードマスクとなるので、この開口部を通して第1の低誘電率絶縁膜405に孔パターン409が転写される。このエッチングにより、第2の低誘電率絶縁膜407には溝パターン411が、第1の低誘電率絶縁膜405には孔パターン409が同時に形成される。

【0007】次に、第1及び第2の低誘電率絶縁膜405、407の下層に配置された第1及び第2のSi窒化膜404、406をドライエッチングして、孔パターン409の下部に下層配線403の表面を露出させた後、Cu膜を全面に形成する。厳密には、Cu膜の形成前には、Cuの拡散を防止するためのバリアメタル膜の形成が必要であり、一般には、タンタル(Ta)、窒化タンタル(TaN)、窒化チタン(TiN)、窒化タングステン(WN)等が用いられる。Cu膜の形成方法としては、スパッタとリフロー法、スパッタと電解メッキ法、CVD法が適用されている。

【0008】次に、CMP法により第2の低誘電率絶縁膜407表面のCu膜を研磨して、Cuプラグ414及びCu配線413を同時に形成して第2層配線とする(図11(b))。

【0009】さらに、このプロセスを繰り返すことにより、以後、第3、第4、さらにそれ以上のCu配線とプラグを形成する。

【0010】なお、図11(b)には、開口孔409形成用のハードマスクとして用いた第2のSi窒化膜406は、下層配線403の直上に形成した第1のSi窒化膜404のドライエッチングの際に、同時に除去された場合の例を示しているが、ハードマスクとして用いた第2のSi窒化膜406は完全に除去する必要はない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、今後の半導体デバイスにおいては、Cu等の配線だけでなく、配線容量を減少させ高速化を達成するために、誘電率の小さい炭素(C)原子を含んだ絶縁膜を層間絶縁膜として用いる必要がある。これらの代表的な絶縁膜としては、有機SOG膜(比誘電率: 3.0~3.5)、ポリイミド(比誘電率: 3.0~3.5)、ベンゾシクロブデン(比誘電率: 2.5~2.7)、ポリバラキシリレン(比誘電率: 2.4~2.6)等が挙げられる。

【0012】一般に、Si酸化膜やSi窒化膜のドライエッチングに用いられるフッ素系のガス、具体的にはCF₄、C₄F₈、CHF₃等のCF系ガスを用いた場合、Si酸化膜/Si窒化膜のエッチング選択比は6~10倍

である。しかし有機SOG膜等のアルキル基を含む絶縁膜をエッチングする場合、微量の酸素を添加しなければならないため、低誘電率絶縁膜/Si窒化膜のエッチング選択比は3~5倍に低下する。このように上記従来技術は、有機系の低誘電率絶縁膜を用いる場合、ドライエッチング選択比が低下するという問題があった。

【0013】図12は、エッチング選択比の低下に伴う問題の一例を示した図である。理想的には図11(a)に示したように、第2のSi窒化膜406は、第2の低誘電率絶縁膜407のエッチングストップ膜(図の右側)と第1の低誘電率絶縁膜405をエッチングする際のハードマスク(図の左側)として機能しなければならない。しかし実際には、低誘電率絶縁膜とSi窒化膜の選択性が小さいため、ドライエッチング途中で第2のSi窒化膜406が消失し、図12に示すように、下層の低誘電率絶縁膜405膜までエッチングされる問題が発生する。

【0014】これらの問題を解決する一つ的手段としてSi窒化膜の厚膜化があるが、Si窒化膜の膜厚を厚くすると配線容量が増加するため、低誘電率絶縁膜を用いるメリットがなくなってしまう。

【0015】本発明の第1の目的は、ドライエッチング選択比を改良した層間絶縁膜を有する半導体装置を提供することにある。本発明の第2の目的は、層間絶縁膜のドライエッチング選択比を改良した半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の半導体装置は、基板上に、材質の異なる複数の積層膜から構成された層間絶縁膜を設け、この積層膜の内の少なくとも一層をアルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜又はボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜とするようにしたものである。

【0017】上記層間絶縁膜には、金属配線が埋め込まれた複数の溝を有し、層間絶縁膜により隣接する金属配線間が分離されていることが好ましい。また、アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜又はボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜は、層間絶縁膜の積層膜の内の最下層に位置することが好ましい。この最下層の一つ上に位置する層は、低誘電率絶縁膜であることが好ましい。低誘電率絶縁膜は、有機物としてのCを含む耐熱性高分子化合物であることが好ましく、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、ポリバラキシリレン等、また、ポリテトラフルオロエチレン、フッ化ポリアリルエーテル、サイトップ等のF原子を含む有機材料等が用いられる。低誘電率絶縁膜は、比誘電率が2.4から3.5の範囲であることが好ましい。低誘電率絶縁膜として効果が顕著なのは、比誘電率が3.5以下であり、比誘電率が2.4未満では加工性、絶縁性、耐熱性等の点で適切なものが見当たらないからである。

【0018】また、この層間絶縁膜の下に、さらに第2の層間絶縁膜が配置され、第2の層間絶縁膜は、材質の異なる複数の第2の積層膜から構成されることが好ましい。第2の層間絶縁膜には、配線間を接続するインターコネクトプラグが埋め込まれたホールが設けられることが好ましい。上記第2の積層膜の内の少なくとも一層は、アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜、ボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜及びシリコン窒化膜からなる絶縁膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の絶縁膜であり、この絶縁膜が第2の積層膜の内の最下層に位置することが好ましい。

【0019】上記積層膜の内のアルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜又はボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜も、第2の積層膜の内のアルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜、ボロン窒化膜を主成分とする絶縁膜及びシリコン窒化膜からなる絶縁膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の絶縁膜もその膜厚が5nmから50nmの範囲であることが好ましい。5nm未満ではドライエッチングのマスク材としての機能が低下し、50nmを超えると加工が難しくなるからである。

【0020】また、アルミニウム酸化膜を主成分とする絶縁膜には、いずれも、アルミニウム酸化膜、アルミニウム酸窒化膜、Si含有アルミニウム酸化膜、Si含有アルミニウム酸窒化膜等が用いられる。いずれもSiの量は、1%から3%程度が好ましい。

【0021】酸素、窒素等を含むアルミニウム絶縁膜は、化学的に非常に安定であるため、ホウ素(B)や水素(H)及び炭素(C)等で酸素(O)を引き抜くとともに、 $AlCl_3$ 、 $AlBr_3$ 、 AlI_3 等のハロゲン化合物の形で反応させなければエッチングはほとんど進行しない。そのため、アルミニウム絶縁膜のエッチングには、ホウ素、水素及び炭素の組と塩素(Cl)、臭素(Br)、よう素(I)からなる組の化合物を用いるのがよい。従って、Si酸化膜やSi窒化膜のエッチングに用いられるフッ素系のガス、具体的には CF_4 、 C_4F_8 、 CHF_3 等のCF系ガスに対しては、炭素によるアルミニウム絶縁膜からの酸素の引き抜きは期待できるが、アルミニウムのフッ化物(AlF_3)の気化が生じないためエッチング反応が進行しない。言い替えれば、アルミニウム絶縁膜は、薄い膜であってもドライエッチングに対する優れたマスク材やストッパ材となる。

【0022】図13は、有機SOG膜に対するSi窒化膜とアルミニウム絶縁膜のエッチング選択比とストッパ膜として必要な膜厚の関係を示した図である。ここでは、有機SOG膜の膜厚を500nmとして示している。有機SOG膜とSi窒化膜との選択比は～5倍程しか得られないため、その膜厚の下限は80～100nmである。これに対し、アルミニウム絶縁膜の選択比は容易に50倍以上が得られるため、その膜厚は10nm程度で十分となる。

【0023】図14に、ストッパ膜の膜厚と配線間の比誘電率の関係を示す。ここでは有機SOG膜、Si窒化膜、アルミニウム絶縁膜の比誘電率を、それぞれ3.0、7.0、11.0とし、上下配線間の物理的な膜厚を500nmとした。Si窒化膜を用いた場合、薄膜化の下限は80～100nm程度であるので、上下配線間の全体の比誘電率を3.25以下にすることは非常に困難である。これに対し、アルミニウム絶縁膜を用いれば、膜厚を薄くすることが可能となるので、比誘電率3.1以下を達成することが可能となる。

【0024】一方、アルミニウム絶縁膜は BCl_3 とArの混合ガスを用いてエッチングを行う場合、Si酸化膜やSi窒化膜に対しては、約5倍程度の選択比が得られる。アルミニウム絶縁膜のエッチングレートは、約20nm/minと小さいが、上記アルミニウム絶縁膜をドライエッチングのハードマスクやエッチングストッパ膜に適用する場合、膜厚が薄いためドライエッチングレートが小さくても特に問題は生じない。また、Cuの拡散抑制力もSi窒化膜と同等以上の特性を示す。以上、アルミニウム絶縁膜の利点について記述したが、ボロン窒化膜(BN)を用いても同様の効果が得られる。

【0025】また、上記第2の目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に設けられたインターコネクトプラグの上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程と、第1の絶縁膜上に、これとエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程と、第1の絶縁膜をエッチングストッパ膜として、第2の絶縁膜をドライエッチングして第2の絶縁膜に溝パターンを形成する第3の工程と、溝パターンの下の少なくとも一部の第1の絶縁膜をドライエッチングして、インターコネクトプラグの少なくとも一部を露出させる第4の工程を設けるようにしたものである。

【0026】この半導体装置の製造方法で、第4の工程の後に、少なくとも溝パターンの中に配線用の金属を埋め込むことが好ましい。さらに第2の絶縁膜上にあるこの金属を化学的機械研磨することが好ましい。

【0027】上記第4の工程で、インターコネクトプラグの少なくとも一部を露出させるとしたのは、一般的にはその全部を露出させればよいが、マスク製造のときの合わせずれ等があっても差し支えないことを示している。

【0028】また、上記第2の目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に設けられた下層配線の上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜、ボロン窒化膜を主成分とする膜及びシリコン窒化膜からなる膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程と、第1の絶縁膜上に、これとエッチング特性の異なる

第2の絶縁膜を形成する第2の工程と、第2の絶縁膜上に、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第3の絶縁膜を形成する第3の工程と、第3の絶縁膜上にこれとエッチング特性の異なる第4の絶縁膜を形成する第4の工程と、第4の絶縁膜及び第3の絶縁膜にホールパターンを形成し、第2の絶縁膜を露出させる第5の工程と、第4の絶縁膜の上に、ホールパターンの少なくとも一部が露出するようにライン状のマスクパターンを形成し、ライン状のマスクパターンを用いて、第4の絶縁膜に溝パターンを形成すると共に、ホールパターンをマスクとして第2の絶縁膜にホールパターンを形成する第6の工程と、第2の絶縁膜のホールパターンの下の第1の絶縁膜をエッチングし、下層配線を露出させる第7の工程を設けるようにしたものである。

【0029】上記の第7の工程の後に、溝パターンとホールパターンの中に配線用とインターコネクタブラグ用の金属を埋め込むことが好ましい。さらにこの後に、第4の絶縁膜にあるこの金属を化学的機械研磨することが好ましい。

【0030】また、上記の第6の工程でホールパターンの少なくとも一部が露出するようにライン状のマスクパターンを形成するとしたのは、一般的にはその全部を露出させればよいが、マスク製造のときの合わせずれ等があっても差し支えないことを示している。

【0031】また、上記第2の目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に設けられた下層配線の上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜、ボロン窒化膜を主成分とする膜及びシリコン窒化膜からなる膜からなる群から選ばれた少なくとも一種の膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程と、第1の絶縁膜上にこれとエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程と、第2の絶縁膜上に、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第3の絶縁膜を形成する第3の工程と、第3の絶縁膜にホールパターンを形成し、第2の絶縁膜を露出させる第4の工程と、第3の絶縁膜上にこれとエッチング特性の異なる第4の絶縁膜を形成する第5の工程と、第4の絶縁膜に、ホールパターンの少なくとも一部が露出するように、溝パターンを形成すると共に、第3の絶縁膜をマスクとして第2の絶縁膜にホールパターンを形成する第6の工程と、第2の絶縁膜のホールパターンの下の第1の絶縁膜をエッチングし、下層配線を露出させる第7の工程を設けるようにしたものである。

【0032】上記の第7の工程の後に、溝パターンとホールパターンの中に、配線用及びインターコネクタブラグ用の金属を埋め込むことが好ましい。さらにこの後に、第4の絶縁膜上に配置された上記金属を化学的機械研磨することが好ましい。

【0033】また、この製造方法の第6の工程でホールパターンの少なくとも一部が露出するようにライン状のマスクパターンを形成するとしたのは、上記と同様に、一般的にはその全部を露出させればよいが、マスク製造のときの合わせずれ等があっても差し支えないことを示している。

【0034】また、上記第2の目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に設けられた下層配線の上面を覆うように、アルミニウム酸化膜を主成分とする膜又はボロン窒化膜を主成分とする膜からなる第1の絶縁膜を形成する第1の工程と、第1の絶縁膜上にこれとエッチング特性の異なる第2の絶縁膜を形成する第2の工程と、第2の絶縁膜にホールパターンを形成する第3の工程と、第2の絶縁膜のホールパターンの下の第1の絶縁膜をエッチングし、下層配線を露出させる第4の工程を設けるようにしたものである。

【0035】

【発明の実施の形態】実施例1

図1、図2を用いて、本発明の第1の実施例を説明する。ここでは、厚い有機SOG膜にシングル・ダマシシ法を用いてCu配線を形成する例を示す。なお図は各プロセスフローにおける断面図を示したものである。

【0036】図1(a)に示したように、集積回路の能動素子(図示省略)上に第1のSi酸化膜101、第2のSi酸化膜102、第1層配線103、第3のSi酸化膜104及び第1層配線103と第2層配線を接続するためのインターコネクタブラグ105を所定の形状に形成した下地基板を準備した。第1層配線103は、第1のSi酸化膜101の所定の領域に形成された開口孔(図示せず)を介して、能動素子の一部の領域に接続されている。第1層配線103と第2のSi酸化膜102は、化学機械研磨法(CMP法)により研磨を行い、表面の平坦化を行った。同様に、インターコネクタブラグ105と第3のSi酸化膜104もCMP法による平坦化を行った。第1のSi酸化膜101、第2のSi酸化膜102及び第3のSi酸化膜104は、TEOS(テトラエトキシシラン)とO₂ガスを用いたプラズマ化学気相成長法(プラズマCVD法)で堆積したSi酸化膜(以下P-Si酸化膜と記述する)であり、膜厚はそれぞれ、400nm、400nm、700nmとした。第1層配線103とインターコネクタブラグ105は、スパッタ法及びCVD法を用いて形成したタングステン(W)である。

【0037】次に、上記した下地基板上にアルミニウム酸化膜106、有機SOG膜107及び第4のP-Si酸化膜108を順次形成した。有機SOG膜107は多量の炭素を含んでいるため、レジストを除去する酸素プラズマアッシング工程で膜の変質が発生し易い。最上層に形成した第4のP-Si酸化膜108は、このアッシング工程で有機SOG膜107の変質を防ぐための保護

膜として用いている。アルミニウム酸化膜106の膜厚は15nm、有機SOG膜107の膜厚は400nm、第4のP-Si酸化膜108の膜厚は100nmとした。有機SOG膜107の形成には周知の回転塗布法を用い、塗布後、400℃の酸素雰囲気中で熱処理を行った。アルミニウム酸化膜106の形成には、電子サイクロトロン共鳴マイクロ波プラズマスパッタ法（以下、ECRプラズマスパッタ法と記述する）を用いた（図1（a））。本実施例では、アルミニウム酸化膜の形成にECRプラズマスパッタ法を用いたが、平行平板型の反応性スパッタ法やプラズマCVD法や熱CVD法を用いることも無論可能である。

【0038】次に、周知のリソグラフィ技術により、レジストパターン109を所定の形状に形成した後、ドライエッチング法によりレジストパターン109をマスクとして、第4のP-Si酸化膜108、有機SOG膜107を加工してラインパターン110を転写した（図1（b））。第4のP-Si酸化膜108、有機SOG膜107のエッチングには CF_4 、Ar、 O_2 の混合ガスを用いた。上記ドライエッチング条件におけるSi酸化膜/アルミニウム酸化膜のエッチング選択比は50倍以上であるので、15nmと非常に薄いアルミニウム酸化膜106でも十分にエッチングストップ膜としての機能が得られた。

【0039】続いて、 BCl_3 とArガスを用いたドライエッチング法により、アルミニウム酸化膜106をエッチングしてインターコネクトプラグ105の表面を露出させた後、CVD法を用いて20nmの窒化チタン膜（TiN膜）111、Cu膜112の堆積を行った（図2（a））。Cu膜112の形成は、CVD法に限らず、スパッタとリフロー法又はスパッタと電解メッキ法を用いても良い。

【0040】この後、CMP法により第4のP-Si酸化膜108上のCu膜112/TiN膜111を研磨して、Cu配線112'を形成した。最後にCu拡散防止膜として、20nmのアルミニウム酸化膜113を堆積した。

【0041】本実施例においては、アルミニウム酸化膜106を有機SOG膜107のエッチングストップ膜にすることによりCu配線112'用の溝の形成を行ったが、プラグ用の孔加工に適用することも勿論可能である。

【0042】本実施例で試作した試料は、従来のSi窒化膜（100nm）を用いた場合に比べ、配線間の容量を約90%に低減できた。また、アルミニウム酸化膜106に代えて、その他のアルミニウム絶縁膜（アルミニウム酸窒化膜、Si含有アルミニウム酸化膜、Si含有アルミニウム酸窒化膜）ボロン窒化膜（BN）を用いても同様の効果が得られた。また、層間絶縁膜として有機SOG膜に代えて、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、

ポリバラキシリレン、等、また、ポリテトラフルオロエチレン、フッ化ポリアリルエーテル、サイトップ等のF原子を含む有機材料膜を用いても同様の効果が得られた。

【0043】実施例2

次に、図3～図6を用いて本発明の第2の実施例を説明する。ここでは、厚い有機SOG膜にデュアル・ダマシン法を用いて、Cuプラグ（インターコネクトプラグ）及びCu配線を同時に形成する例を示す。なお図3～図6は各プロセスフローにおける断面図を示したものである。

【0044】図3（a）に示すように、集積回路の能動素子（図示省略）上に、第1のP-Si酸化膜201、第2のP-Si酸化膜202及び第1層配線203を所定の形状に形成した。第1層配線203は、第1のP-Si酸化膜201の所定の領域に形成された開口孔（図示せず）を介して、能動素子の一部の領域に接続されている。第1層配線203と第2のP-Si酸化膜202は、CMP法により研磨を行い、表面の平坦化を行った。第1のP-Si酸化膜201及び第2のP-Si酸化膜202の膜厚は共に400nmとした。第1層配線203は、スパッタ法及びCVD法を用いて形成したタングステン（W）膜で、膜厚は400nmである。

【0045】次に、上述した下地基板上に第1のアルミニウム酸化膜204、第1の有機SOG膜205、第2のアルミニウム酸化膜206、第2の有機SOG膜207及び第3のP-Si酸化膜208を順次形成した。最上層の第3のP-Si酸化膜208は、このアッシング工程で第2の有機SOG膜207の変質を防ぐための保護膜として用いている。第1、第2のアルミニウム酸化膜204、206の膜厚は、それぞれ10nm、20nm、第1、第2の有機SOG膜205、207の膜厚は、それぞれ700nm、500nm、第3のP-Si酸化膜208の膜厚は100nmとした。第1、第2の有機SOG膜205、207の形成には周知の回転塗布法を用い、塗布後、400℃の酸素雰囲気中で熱処理を行った。第1、第2のアルミニウム酸化膜204、206の形成には、ECRプラズマスパッタ法を用いた（図3（a））。本実施例では、アルミニウム酸化膜の形成にECRプラズマスパッタ法を用いたが、平行平板型の反応性スパッタ法やプラズマCVD法や熱CVD法を用いることも無論可能である。

【0046】次に、ホトレジスト209を塗布した後、クリプトンフロライド（KrF）エキシマレーザリソグラフィ技術により、直径200nmの孔パターン210を所定の形状に形成した（図3（b））。続いて、ドライエッチング法により、第3のP-Si酸化膜208、第2の有機SOG膜207、第2のアルミニウム酸化膜206を加工してホールパターン210を各絶縁膜に転写した。第3のP-Si酸化膜208、第2の有機

SOG膜207のエッチングには C_4F_8 、Ar、 O_2 の混合ガスを、第2のアルミニウム酸化膜206のエッチングには、 BCl_3 とArガスを用いた(図4(a))。

【0047】次に、ホトレジスト209を除去した後、再度ホトレジスト211を塗布し、KrFエキシマレーザリソグラフィ技術によりホトレジスト211のラインパターンを所定の形状に形成した。図4(b)にその断面図を示す。ホトレジスト211のラインパターンのスペースは300nmとした。このホトレジスト211のラインパターンは、先に形成した孔パターン210が露出するように配置されている。

【0048】次に、上記ホトレジスト211のラインパターンをマスクとして、第3のP-Si酸化膜208、第1、第2の有機SOG膜205、207のドライエッチングを行い、第1のアルミニウム酸化膜204及び第2のアルミニウム酸化膜206表面を露出させた。このドライエッチングにおいても、第3のP-Si酸化膜208、第2の有機SOG膜207のエッチングには C_4F_8 、Ar、 O_2 の混合ガスをを用いた。本エッチングにより第3のP-Si酸化膜208と第2の有機SOG膜207には、ホトレジスト211のラインパターンがエッチングマスクとなるので溝パターン212が形成される。一方、第1の有機SOG膜205には、先に形成した第2のアルミニウム酸化膜206のホールパターン210がマスクとなるので、孔パターン210が転写される(図5(a))。

【0049】本エッチング条件における有機SOG膜/アルミニウム酸化膜の選択比は50倍以上であるため、第2のアルミニウム酸化膜206をマスクとして第1の有機SOG膜205を容易に加工できた。また、エッチングストップとなる第1のアルミニウム酸化膜204もほとんどエッチングされないのでオーバーエッチングを過剰に行っても特に問題は生じなかった。

【0050】次に、 BCl_3 とArガスを用いたドライエッチング法により、第2のアルミニウム酸化膜206及び第1のアルミニウム酸化膜204をエッチングして第1の有機SOG膜205の表面及びタングステンの第1層配線203の表面を露出させた(図5(b))。本エッチングにおけるアルミニウム酸化膜/有機SOG膜、アルミニウム酸化膜/タングステンの選択比は約5倍程度であるが、第1、第2のアルミニウム酸化膜206、204の膜厚が非常に薄いため、第1の有機SOG膜205、第1層配線203の削れ量はわずかであった。また、本実施例では、第1の有機SOG膜205上の第2のアルミニウム酸化膜206を完全に除去したが、第1層配線203の表面が露出すれば、完全に除去する必要はない。但し、配線容量を減少させるためには除去の方がより好ましい。

【0051】次に、レジストパターン211を除去した

後、バリアメタルとなる20nmのTiN膜213及び400nmのCu膜214を順次形成した(図6(a))。

この後、CMP法により第3のP-Si酸化膜208表面が露出するまでCu膜214とTiN膜213を研磨してCuプラグ215とCu配線214'とした(図6(b))。本実施例では、TiN膜213の下層の第3のP-Si酸化膜208も20nm程度研磨した。

【0052】本実施例においては、有機SOG膜をエッチングする際のハードマスク及びエッチングストップ膜としてアルミニウム酸化膜を用いたが、その他のアルミニウム絶縁膜(アルミニウム酸化窒化膜、Si含有アルミニウム酸化膜、Si含有アルミニウム酸化窒化膜)やBNを用いても同様の効果が得られた。

【0053】また、本実施例においては、第1、第2のアルミニウム酸化膜204、206の膜厚を20nm以下としたが、目的に応じて5nm以上50nm以下の範囲で用いることが好ましい。これは5nm未満ではドライエッチングのマスク材としての機能が低下し、50nmを超えると加工することが難しくなるためである。

【0054】なお、本実施例においてはアルミニウム酸化膜の形成に物理的気相成長法であるスパッタ法を用いたが、有機アルミニウム化合物、例えば $Al(CH_3)_3$ や $Al(C_4H_9)_3$ 等と O_2 の反応を利用するCVD法や、 $Al(OC_3H_7)_3$ や $Al(OCH_3)_3$ 等の熱分解によるCVD法を適用することも可能である。

【0055】また、本実施例では層間絶縁膜として有機SOG膜の例を示したが、その他、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、ポリバラキシリレン等、またポリテトラフルオロエチレン、フッ化ポリアリルエーテル、サイトップ等のF原子を含む有機材料膜を用いても同様の結果が得られた。

【0056】本実施例では、第1層配線203の直上に第1のアルミニウム酸化膜204を適用したが、Si窒化膜又はアルミニウム酸化膜とSi窒化膜の積層膜を適用することも可能である。本実施例で試作した試料の配線容量は、従来法に比べ大幅に減少した。

【0057】実施例3

次に、図7～図9を用いて本発明の第3の実施例を説明する。図7(a)に示すように、実施例2と同様に、集積回路の能動素子(図示省略)上に第1のP-Si酸化膜301、第2のP-Si酸化膜302及び第1層配線303を所定の形状に形成した。第1層配線303は、第1のP-Si酸化膜301の所定の領域に形成された開口孔(図示せず)を介して、能動素子の一部の領域に接続されている。第1層配線303と第2のP-Si酸化膜302は、CMP法により研磨を行い表面の平坦化を行った。第1のP-Si酸化膜301と第2のP-Si酸化膜302の膜厚は共に400nmとした。第1層配線303は、スパッタ法及びCVD法を用いて形成し

たタングステン (W) 膜で、膜厚は 400 nm である。

【0058】次に、第1のアルミニウム酸化膜304、第1の有機SOG膜305及び第2のアルミニウム酸化膜306を順次形成した。各膜の形成方法は実施例2と同様であり、膜厚はそれぞれ15 nm、700 nm、20 nmとした。続いて電子線 (EB) リソグラフィ技術により直径150 nmの孔パターン308を有するレジストパターン307形成した後、ドライエッチング法により第2のアルミニウム酸化膜306をエッチングし、孔パターン308を転写した (図7 (a))。

【0059】次に、レジストパターン307を除去した後、第2の有機SOG膜309、第3のアルミニウム酸化膜310を順次形成した。膜厚は、それぞれ400 nm、25 nmとした。第3のアルミニウム酸化膜310は、第2の有機SOG膜309ドライエッチングのハードマスクとレジストのアッシングによる第2の有機SOG膜309の変質防止膜として用いる。続いて、KrFエキシマレーザリソグラフィ技術により、スペース200 nmのライン状のレジストパターン311を形成した後、ドライエッチング法により第3のアルミニウム酸化膜310をエッチングして溝パターン312を転写した (図7 (b))。

【0060】次に、レジストパターン311を除去した後、第3のアルミニウム酸化膜310をマスクとして第2の有機SOG膜309のドライエッチングを、第2のアルミニウム酸化膜306をマスクとして第1の有機SOG膜305のドライエッチングを行った。このエッチングにより、第2の有機SOG膜309にはラインパターン312が、第1の有機SOG膜305にはホールパターン308が転写される (図8 (a))。

【0061】ここでレジストラインパターン311を除去したのは以下の理由による。一般に、Si酸化膜系のドライエッチングにおいては、エッチングレートがアスペクト比に依存するマイクロローディング効果が生じる。マイクロローディング効果とは、アスペクト比が大きくなる程エッチングレートが低下する現象なので、本実施例のように、アスペクト比の小さい溝とアスペクト比の大きい孔の加工を同時に行う場合、大幅なオーバーエッチングを行わなければ、深い孔の底が開口しない不良を生じ易い。本実施例においては、第3のアルミニウム酸化膜310がハードマスクとなるので、レジストパターン311を除去しても有機SOG膜309を容易に加工することができた。また、レジストパターン311を除去することで、エッチングのアスペクト比が小さくなるので、有機SOG膜のオーバーエッチングを小さくすることが可能となる。

【0062】次に、全面ドライエッチングにより、第1、第2、第3のアルミニウム酸化膜304、306、310をエッチングして、第1層配線303であるタングステンの表面が露出する開口孔を形成した (図8

(b))。本実施例では、第1層配線303の直上にアルミニウム酸化膜304を用いたが、Si窒化膜を適用してもよい。この部分にSi窒化膜を適用した場合は、第2、第3のアルミニウム酸化膜306、310は除去されないことになるが特に問題はない。

【0063】次に、バリアメタルとなる15 nmのTiN膜313及び400 nmのCu膜314を順次形成した (図9 (a))。この後、CMP法により第2の有機SOG膜309表面が露出するまでCu膜314とTiN膜313を研磨してCuプラグ315とCu配線314'とした (図9 (b))。

【0064】本実施例においても、エッチングする際のハードマスク及びエッチングストップ膜として、第2のアルミニウム酸化膜306を用いたが、その他のアルミニウム絶縁膜 (アルミニウム酸窒化膜、Si含有アルミニウム酸化膜、Si含有アルミニウム酸窒化膜) やBNを用いても同様の効果が得られた。

【0065】また、第1層配線303の直上に第1のアルミニウム酸化膜304を適用したが、Si窒化膜又はアルミニウム酸化膜とSi窒化膜の積層膜を適用することも可能である。本実施例で試作した試料の配線容量は、従来法に比べ大幅に減少した。

【0066】

【発明の効果】本発明によれば、層間絶縁膜の容量を大きくすることなくCu等の配線やCu等のプラグを形成することが可能となる。これにより配線遅延時間が低減され集積回路の高速化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図2】本発明の第1の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図3】本発明の第2の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図4】本発明の第2の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図5】本発明の第2の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図6】本発明の第2の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図7】本発明の第3の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図8】本発明の第3の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図9】本発明の第3の実施例のプロセスフローを示す半導体装置の断面図。

【図10】従来方法を示す半導体装置の断面図。

【図11】従来方法を示す半導体装置の断面図。

【図12】従来方法の問題を説明するための半導体装置の断面図。

【図13】エッチング選択比とストップ膜の膜厚の関係を示す図。

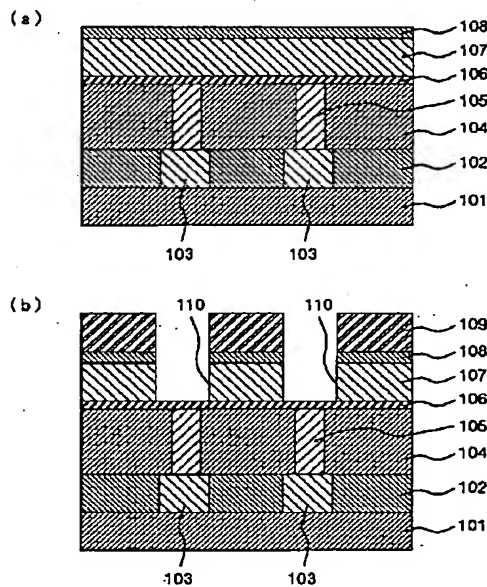
【図14】ストップ膜の膜厚と層間膜の比誘電率の関係を示す図。

【符号の説明】

101、401…第1のSi酸化膜
102、402…第2のSi酸化膜
103…第1層配線
104…第3のSi酸化膜
105…インターコネクタブラグ
106、113…アルミニウム酸化膜
107…有機SOG膜
108…第4のP-Si酸化膜
109、307、311、410…レジストパターン
110…ラインパターン
111、213、313…TiN膜
112、214、314…Cu膜
112'、214'、314'…Cu配線
201、301…第1のP-Si酸化膜

【図1】

図 1

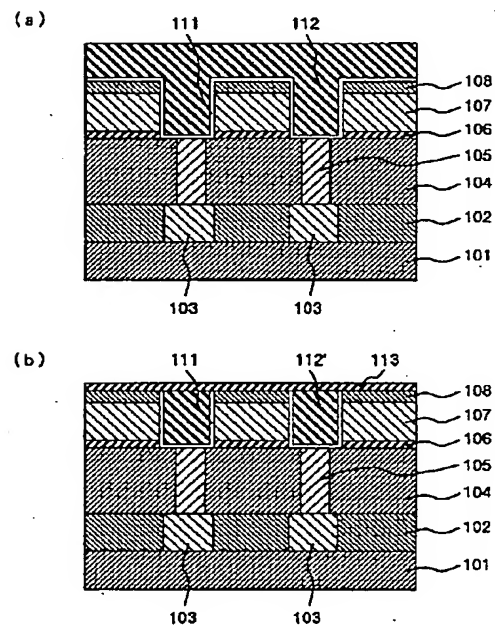


101…第1のSi酸化膜 102…第2のSi酸化膜
103…第1層配線 104…第3のSi酸化膜
105…インターコネクタブラグ 106…アルミニウム酸化膜
107…有機SOG膜 108…第4のP-Si酸化膜
109…レジストパターン 110…ラインパターン

202、302…第2のP-Si酸化膜
203、303…第1層配線
204、304…第1のアルミニウム酸化膜
205、305…第1の有機SOG膜
206、306…第2のアルミニウム酸化膜
207、309…第2の有機SOG膜
208…第3のP-Si酸化膜
209、211…ホトレジスト
210、308、409…孔パターン
212、312、411…溝パターン
215、315、414…Cuプラグ
310…第3のアルミニウム酸化膜
403…下層配線
404…第1のSi窒化膜
405…第1の低誘電率絶縁膜
406…第2のSi窒化膜
407…第2の低誘電率絶縁膜
413…Cu配線

【図2】

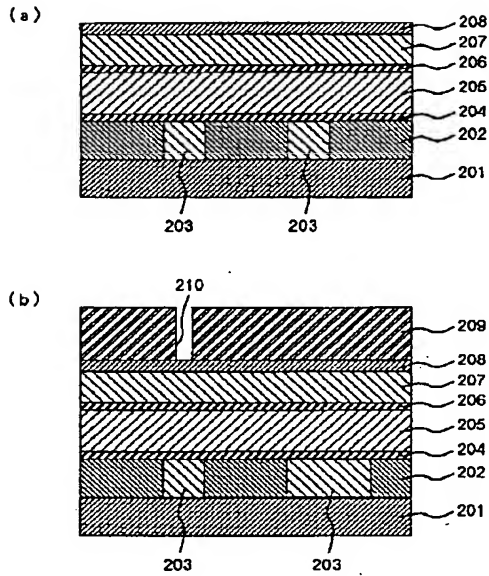
図 2



106、113…アルミニウム酸化膜 107…有機SOG膜
108…第4のP-Si酸化膜 111…TiN膜
112…Cu膜 112'…Cu配線

【図3】

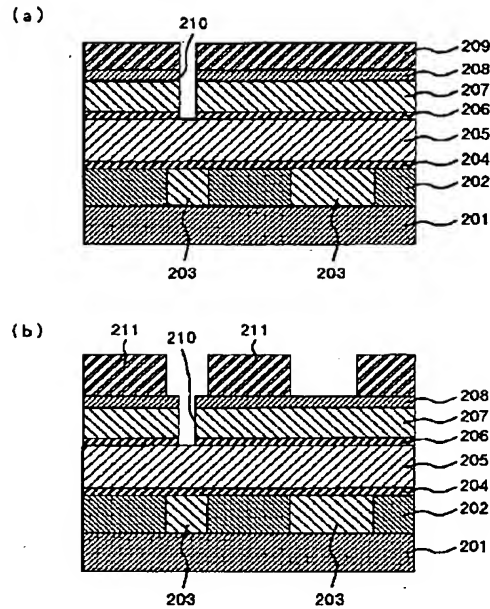
図 3



201…第1のP-Si酸化膜 202…第2のP-Si酸化膜
 203…第1層配線 204…第1のアルミニウム酸化膜
 205…第1の有機SOG膜 206…第2のアルミニウム酸化膜
 207…第2の有機SOG膜 208…第3のP-Si酸化膜
 209…ホトレジスト 210…孔パターン

【図4】

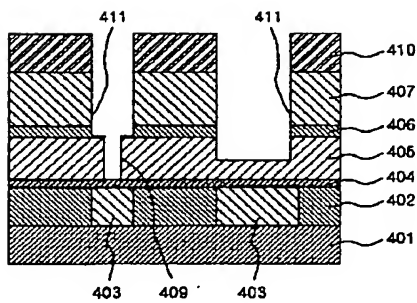
図 4



206…第2のアルミニウム酸化膜 207…第2の有機SOG膜
 208…第3のP-Si酸化膜 209, 211…ホトレジスト
 210…孔パターン

【図12】

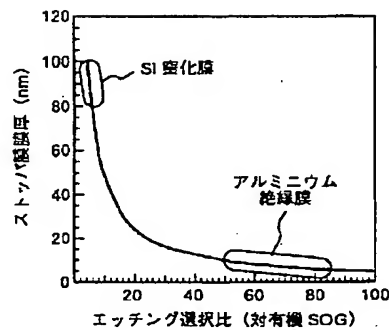
図 12



405…第1の低誘電率絶縁膜
 406…第2のSi酸化膜
 407…第2の低誘電率絶縁膜

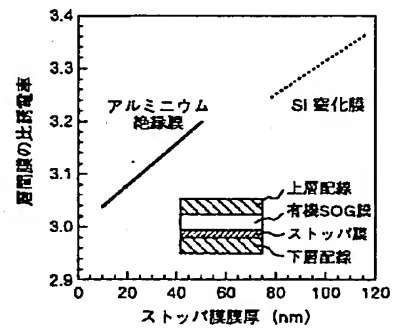
【図13】

図 13



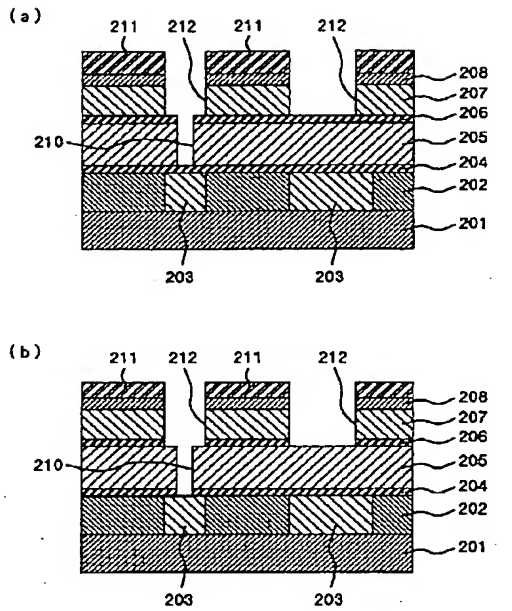
【図14】

図 14



【図 5】

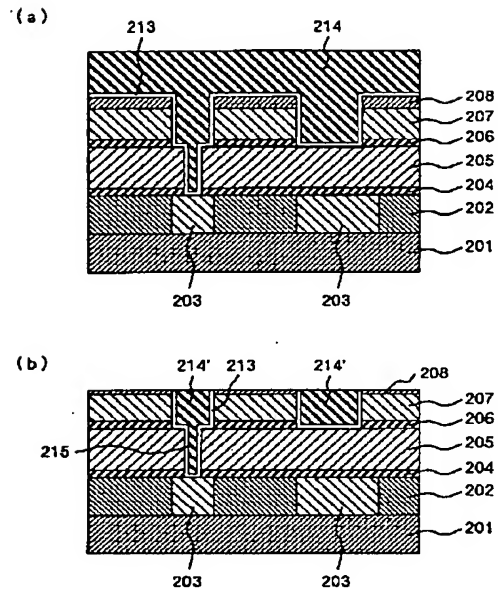
図 5



206…第2のアルミニウム酸化膜 207…第2の有機SOG膜
 208…第3のP-Si酸化膜 210…孔パターン
 211…ホトレジスト 212…溝パターン

【図 6】

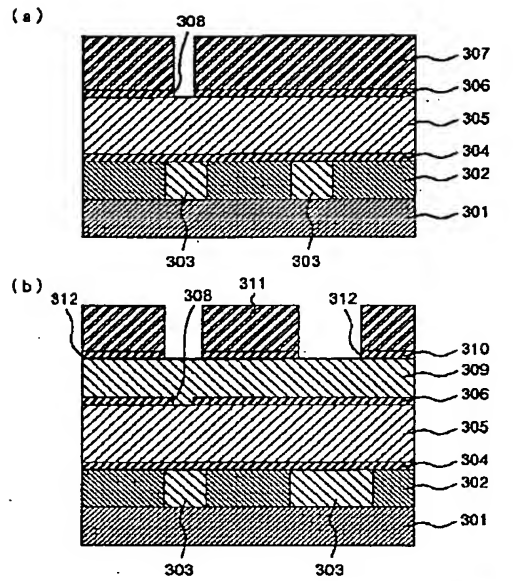
図 6



203…第1層配線 204…第1のアルミニウム酸化膜
 210…孔パターン 211…ホトレジスト 212…溝パターン
 213…TiN膜 214…Cu膜 214'…Cu配線
 215…Cuプラグ

【図 7】

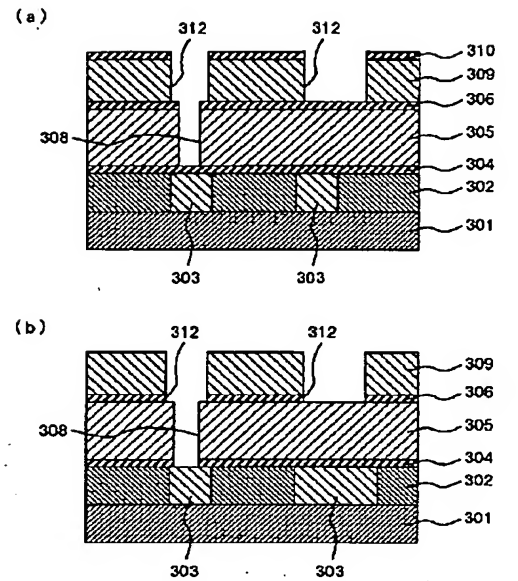
図 7



301…第1のP-Si酸化膜 302…第2のP-Si酸化膜
 303…第1層配線 304…第1のアルミニウム酸化膜
 305…第1の有機SOG膜 306…第2のアルミニウム酸化膜
 307, 311…レジストパターン 308…孔パターン
 309…第2の有機SOG膜 310…第3のアルミニウム酸化膜
 312…溝パターン

【図 8】

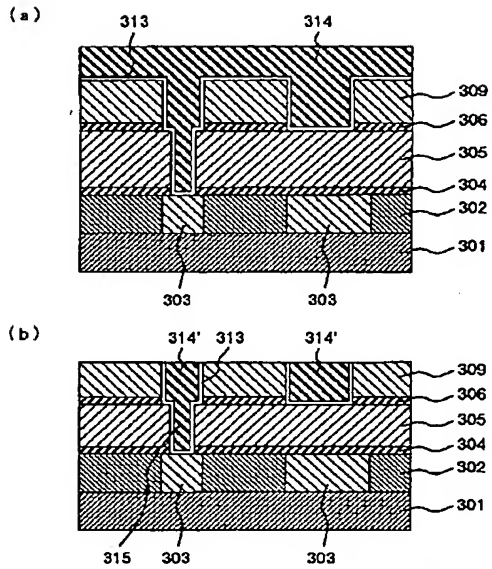
図 8



304…第1のアルミニウム酸化膜 305…第1の有機SOG膜
 306…第2のアルミニウム酸化膜
 307, 311…レジストパターン 308…孔パターン
 309…第2の有機SOG膜 310…第3のアルミニウム酸化膜
 312…溝パターン

【図9】

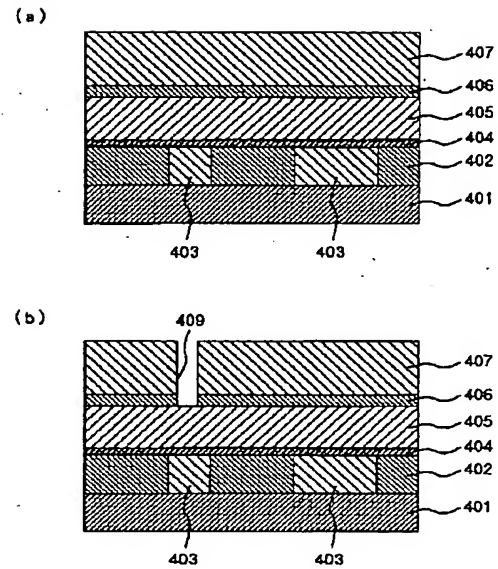
図 9



304...第1のアルミニウム酸化膜 305...第1の有機SOG膜
 306...第2のアルミニウム酸化膜
 307, 311...レジストパターン 308...孔パターン
 309...第2の有機SOG膜 310...第3のアルミニウム酸化膜
 312...溝パターン 313...TiN膜 314...Cu膜
 314'...Cu配線 315...Cuプラグ

【図10】

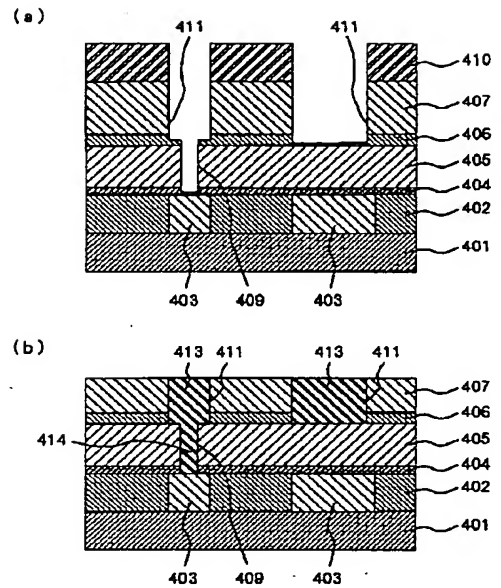
図 10



401...第1のSi酸化膜 402...第2のSi酸化膜
 403...下層配線 404...第1のSi窒化膜
 405...第1の低誘電率絶縁膜 406...第2のSi窒化膜
 407...第2の低誘電率絶縁膜 409...孔パターン

【図 11】

図 11



404...第1のSiO₂酸化膜 405...第1の低誘電率絶縁膜
 406...第2のSiO₂酸化膜 407...第2の低誘電率絶縁膜
 409...孔パターン 410...レジストパターン
 411...プラグパターン 413...Cu配線 414...Cuプラグ

フロントページの続き

(72)発明者 後藤 康

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 由上 二郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 武田 健一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5F004 AA02 AA16 CB20 DA00 DA11

DA23 DA26 DB13 EA06 EB03

5F033 HH11 HH33 JJ19 KK19 MM01

MM02 MM12 MM13 NN06 NN07

PP06 PP15 PP27 QQ09 QQ11

QQ25 QQ28 QQ37 QQ48 QQ73

QQ75 RR03 RR04 RR05 RR06

RR21 RR22 RR24 RR25 RR26

SS01 SS04 SS08 SS09 SS11

SS15 SS22 TT04 WW02 WW09

XX01 XX24 XX27

5F058 AF04 AG01 BA20 BD02 BD04

BD05 BD10 BD18 BD19 BF02

BF07 BF13 BF27 BF46 BJ01

BJ02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.